

В.Д. КОВАЛЬОВ, д-р. техн. наук, професор, ДДМА, Краматорськ;
С.О. ГАКОВ, канд. техн. наук, асистент, ДДМА, Краматорськ;
Т.О. СУКОВА, аспірантка, ДДМА, Краматорськ

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РЕМОНТНОГО ВІДНОВЛЕННЯ КОЛІСНИХ ПАР РУХОМОГО СКЛАДУ ТОКАРНОЮ ОБРОБКОЮ

Встановлено відсотковий розподіл основних видів зношення колісних пар, що надходять до вагонних та локомотивних депо на ремонтне відновлення. Визначені основні види зношень та поломок різального інструмента при обробці колісних пар з наявним термомеханічним зношуванням поверхні кочення колеса.

Установлено относительное распределение основных видов износа колесных пар, поступающих в вагонные и локомотивные депо на ремонтное восстановление. Определены основные виды изнашиваний и поломок режущего инструмента при обработке колесных пар при наличии термомеханического износа поверхности качения колеса.

The percent distributing of basic types of wheelpairs wear which act to the carriage and locomotive depots on repair renewal is set. The basic types of wears and breakages of cutting instrument at wheelpairs treatment with the present termomechanical wear of surface of wheel wobbling are presented.

1. Вступ. Особливості обробки колісних пар рухомого складу.
Залізнична колісна пара є одним з найскладніших, відповідальних елементів ходової частини рухомого складу.

Складна термосилова взаємодія залізничного колеса та рейки викликає комплекс фізико-механічних явищ [1, 5], що призводять до інтенсивного зношування їх контактуючих поверхонь.

Виникаючі види зношування та дефекти коліс призводять до вилучення колісної пари з експлуатації і наступному її відновлювальному ремонту на спеціальних колесообробних верстатах, що полягає у механічній обробці різальним інструментом поверхні кочення коліс до одержання необхідного вихідного профілю. Основні види дефектів колісних пар за класифікацією наведено на рис. 1. Жирним вказані дефекти, що можуть бути виправлені механічною обробкою. Для ідентифікації дефектів під час обробки необхідно знати природу їх виникнення та основні причини.

Зношування термомеханічного походження найчастіше розташовані на ободі колеса та мають природу повзунів або наварів.

За результатом аналізу вибірки колісних пар (Краснолиманське вагоноремонтне депо та депо "Дебальцеве-сортувальне") визначено, що до механічної обробки на колесотокарний верстат надходять пари з зношуваннями термомеханічного походження – 57,4% від загальної кількості

деталей, серед яких: повзунів – 25,4%; вищербин – 24,5%; наварів – 7,5% (рис. 2).

Зношування колісних пар зумовлює необхідність глибоких обточувань, однак, зняття металу при обточуваннях в 5 разів перевищує витрати металу за прокатом. Повне припустиме зношування на залізниці складає від 25 до 35 мм, включаючи "чисте" зношування в результаті взаємодії колеса і рейки та зняття металу при обточуваннях для відновлення профілю та видалення поверхневих дефектів (число обточувань може досягати п'яти).

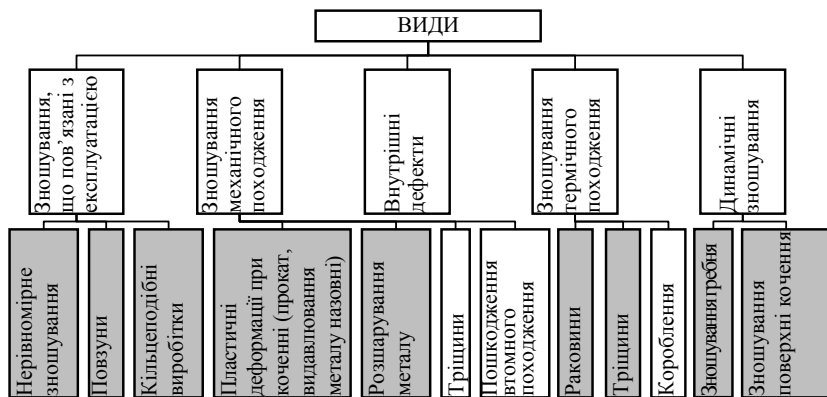


Рисунок 1 – Основні види зношувань та дефектів колісних пар

Неефективна механічна обробка колісних пар з поверхневими термомеханічними дефектами гальмового характеру призводить до значного перевищення мінімально необхідного припуску на обробки різанням, підвищення зношування верстатного обладнання та зростання витрат на різальні інструменти. Все це в цілому призводить до збільшення накладних витрат на ремонт і скорочення загального терміну служби коліс.

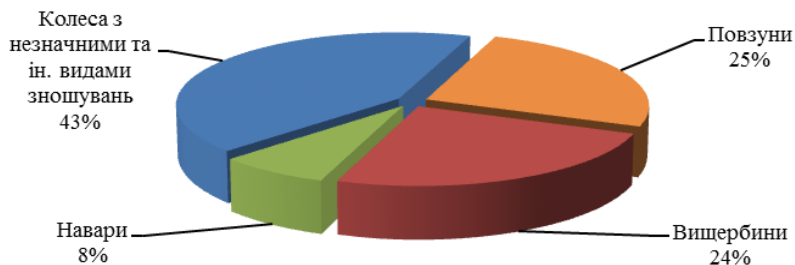
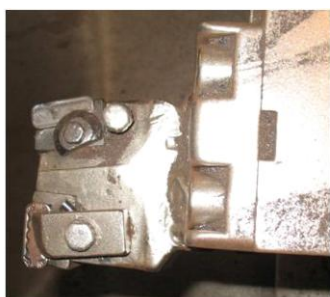
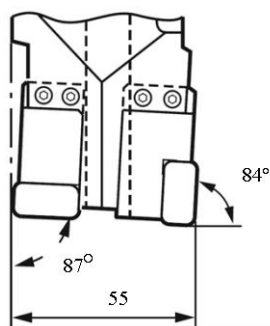


Рисунок 2 – Відсотковий склад різних видів дефектів

2. Дослідження особливостей ремонтного відновлення колісних пар на колесотокарному верстаті. Обробка обох коліс пари проводиться одночасно двома супортами, на яких встановлено різцетримачі з двома тангенційними твердосплавними пластинами (рис. 3, а, б). Кожна пластина встановлюється у спеціальній касеті, фіксується штифтом (вставленому в касету за посадкою з натягом) та прихватом зверху (форма прихвату може бути різною залежно від виробника інструменту) (рис 3, а), або самовстановлюється та притискається за допомогою важеля, шляхом затяжки гвинта (рис. 3 б, рис. 4).



а)



б)

Рисунок 3 – Конструкція різцевого блоку:

- а) конструкція різцевого блоку з кріпленням касети та пластини прихватом;
- б) конструкція різцевого блоку з кріпленням касети гвинтами, пластини важелем

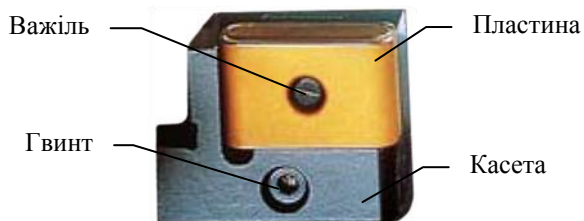


Рисунок 4 – Касетна вставка виробництва "Sandvik Coromant"

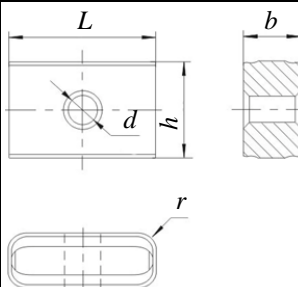




При дослідженні ремонтного обточування колісних пар використовувались твердосплавні тангенційні пластини (табл. 1) з матеріалів марок: MMC221, T14K8, TT7K12 (вир. ВАТ "КЗВВ"), пластини цих марок сплавів можуть бути виготовлені з покриттям PVD відповідно до ТУ 19-4205-77-2004; 4025 та СТ15М – виготовляються з покриттям PVD; PT20, MM2 – без покриття (вир. фірми "Sandvik Coromant"); ЖС-17 – без покриття (вир. фірми "АЛГ"); T14K8, MM2 – без покриття (вир. ВАТ "Росінструмент").

Компоновка верстата двосупортна, тому обробка колісної пари проводиться у два етапи: спочатку обробляється профіль кочення, потім різець перебігає і обробку гребня колеса виконує інша пластина (рис. 5). Така особливість технології зумовлена конструкцією копіра та розташуванням різальних пластин.

Припуск на обробку призначався після вимірювання профілю колісної пари у ручний спосіб.

Режимна частина призначалась в залежності від припуску та стану оброблюваних поверхонь колісної пари в межах забезпечення задовільної продуктивності.

Таблиця 1 – Основні геометричні розміри та форми канавок тангенційних твердосплавних пластин для обробки поверхні кочення колісної пари

					З покриттям		Без покриття	
					Загальний вигляд та маркування			
								
					LNMX 301940-PR	LNMX 301940-PM	LNUX 301940	LNMX 301940-01
L, мм	d, мм	h, мм	b, мм	r, мм	Марка сплаву			
30	6,35	19	12	4	CT15M, 4025, PT20, MM2	4025, MM2	MMC221, TT7K12, YM20, T14K8	ЖС-17, MMC221, MM2

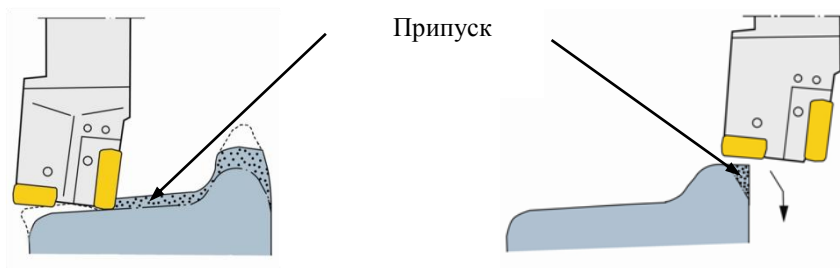


Рисунок 5 – Багаторізева схема обробки профілю колісної пари

На початку обробки призначається середньо навантажений режим обробки $n=10-14$ об/хв; $S=1-1,25$ мм/об (при $t \leq 5$ мм), під час обробки режимна частина регулювалась залежно від стану технологічної системи (за

акустичним шумом та рівнем вібрацій) у межах 15-20% від номінального значення. За наявності значних дефектів термомеханічного походження, оператором верстата, постійно відстежувалось місце знаходження термомеханічного зношування та з наближенням до нього зменшувалась режимна частина до 50% від номіналу, на першому проходженні зони повзуна (перший виток подачі) визначався стан системи зі зміненими режимами і якщо, присутні значні вібрації з "підгальмуванням" приводу головного руху, знижують швидкість до значень у $n=5-8 \text{ об/хв}$ та $S=0,85-1,1 \text{ мм/об}$.

На гребені колеса було збільшено режими різання до $n=14-18 \text{ об/хв}$ та $S=1-1,25 \text{ мм/об}$. У зв'язку з тим, що на гребені колеса змінюються умови формоутворення (рис. 6, а), а як наслідок, і стружкоутворення, виникала зливна стружка, яка є суттєвою проблемою при утилізації та становить небезпеку для верстатника, при зміні напрямку її сходу, а також забруднює механізми колісної пари (колесо редуктора) (рис. 6, б, в), що призводить до збільшення допоміжного часу (час на прибирання стружки з механізмів верстату та колісної пари, біля 8-12 хв, що майже дорівнює циклу обточування колісної пари). Єдиним методом боротьби із завиванням стружки було збільшення режимної частини до моменту зміни стружкоутворення, що негативно впливало на стан інструменту [2, 3].

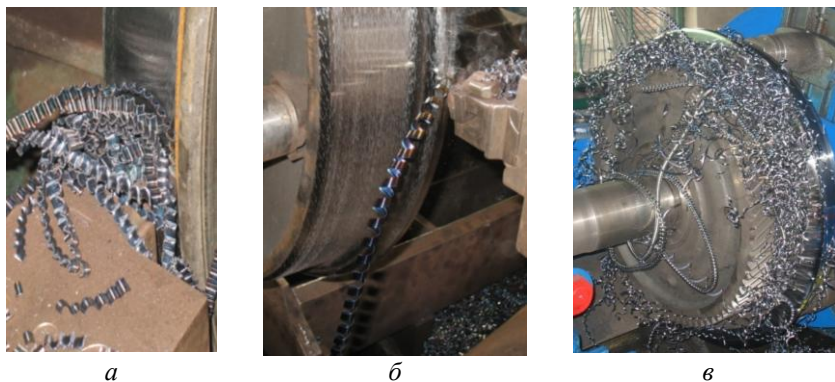


Рисунок 6 – Процес обробки колісної пари:

а – стружкоутворення на поверхні кочення колісної пари; б – зливна стружка на гребені колеса; в – забруднення приводного механізму колісної пари

3. Визначення основних видів відмов колесообробної технологічної системи. Колесотокарний верстат відноситься до важких токарних верстатів, елементи та механізми якого проектується з 2-3 кратним запасом міцності. Міжремонтний цикл складає 5-6 років. Але під час експлуатації виникають різні види відмов технологічної системи, які можна поділити на: відмови

електро- та гідро- обладнання; відмови, пов'язані із зубчатими зачепленнями; втрату жорсткості супортної групи; зношування копіїв (для токарно-копіювальних верстатів); відмови різального інструменту. За даними [4, 6, 7] відмови, пов'язані з електро-, гідро- та механічною частиною обладнання, становлять не більш 45% від загального часу ремонтних простоїв колесообробної технологічної системи. Тобто, на відмови пов'язані з іншими видами відмов, у тому числі різального інструменту, становить до 55% загального часу ремонтних простоїв. Звідси випливає, що поломка різального інструменту та його елементів (рис. 7) є найсуттєвішою проблемою збільшення допоміжного часу на ремонт та переналадження обробної колесотокарної системи.

Проаналізувавши вибірку загальної кількості прецедентів ($N = 125$) відмов різального інструменту встановлено, що основними видами є: поломка різальної твердосплавної пластини, елементів кріплення та касет, у які встановлюються тангенційні пластини.



Рисунок 7 – Типові відмови різального інструменту:
а – руйнування різальної пластини; б – поломка елемента кріплення;
в – поломка касети

Відмова елементів різального інструменту (елементів кріплення та касет, не враховуючи елементів прихвату) пов'язана з руйнуванням різальної пластини (рис. 7, а).

У результаті спостережень встановлено, що руйнування різальної пластини у 27 % випадків викликає зрізування осевого штифта (рис. 7, б) та у 12% викликає зрізування торцевої поверхні касет (рис. 7, в).

Зрізування штифта відбувається в наслідок руйнування твердосплавної різальної пластини від довготривалих циклічних перевантажень технологічної системи. Зрізування торцевої поверхні касет має іншу природу, яка полягає в тому, що при руйнуванні пластини відколота частина силою різання затягується під колесо (на криволінійній ділянці профілю) і

заклинюється між ним та касетою, що призводить до виривання металу з контактної торцевої поверхні касети.

За допомогою хронометражу виробничого циклу обробки колісної пари встановлено (рис. 8), що всередньому витрачається часу: на поворот пластин – 2,5 хв; на заміну пластини після закінчення виробничого циклу – 3,25 хв; при руйнуванні різальної пластини, під час обробки, на заміну та налагоджування верстата та на відновлення циклу обточування – 6,5 хв; при виходу з ладу елемента кріплення більш – 25 хв; на заміну касети – 15 хв.

Різниця припуску на профіль кочення колісної пари становить до 6-8 мм.

Властивості матеріалу залежать від методів зміцнення та відновлення профілю колісної пари та наявності експлуатаційних дефектів поверхні кочення.

4. Дослідження видів відмов твердосплавних різальних пластин.

Циклічні перевантаження, що виникають в процесі обробки колісних пар зі значними коливаннями припуску та фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, призводять до критичного зношування та відмов твердосплавних різальних пластин.



Рисунок 8 – Основні види простою технологічної системи

Для класифікації відмов твердосплавних тангенційних різальних пластин було проаналізовано вибірку пластин (735 шт.), що були списані для подальшої переробки внаслідок різного роду втрати працездатності (рис. 9).

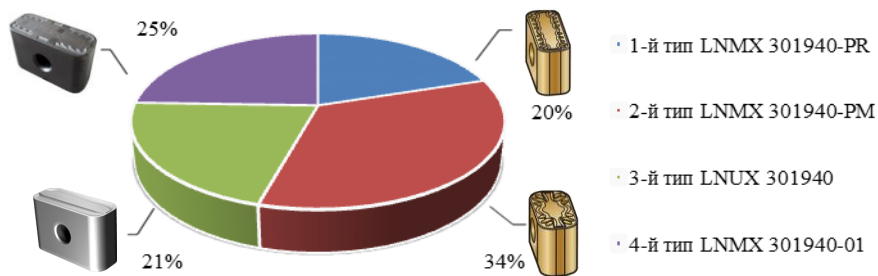


Рисунок 9 – Відсоткове співвідношення різних типів тангенційних пластин

Відсотковий склад марок твердого сплаву в дослідній вибірці наведено на рис. 10, з якого видно, що для обробки колісних пар найчастіше використовують сплави марок: MM2, MMC221, T14K8, 4025 та ЖС-17.

Інші марки використовувались як дослідні зразки. На рис. 11 представлено відсоткове співвідношення марок твердих сплавів за різними типами тангенційних пластин.

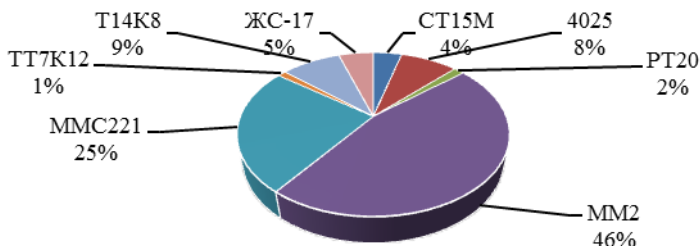


Рисунок 10 – Відсотковий склад марок твердого сплаву в дослідній вибірці

Дослідженням твердосплавних пластин встановлено, що основними причинами їх вибраковки є: граничне затуплення різального інструменту, викришування матеріалу пластини та повне руйнування.

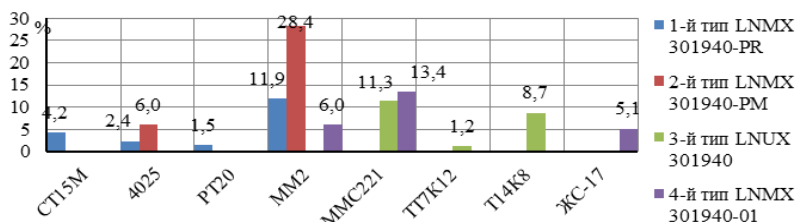


Рисунок 11 – Відсоткове співвідношення марок твердих сплавів за різними типами тангенційних пластин

Для класифікації за технологічними умовами експлуатації було розділено відмови різального інструменту на дві групи: *до першої групи* віднесено пластини, які за експлуатаційних обставин змогли закінчити повний цикл обробки колісної пари, після чого були відбраковані за наступними ознаками – граничне затуплення (за умов різних видів зношування) та викришування (невеликі відколи), за яких можливе продовження обробки колісної пари без зупинки робочого циклу (з виробничої практики, при викришуванні матеріалу пластини до 2% можливо закінчити обробку з прийнятними характеристиками якості); *до другої групи* віднесли пластини, які не змогли закінчити повного циклу обробки колісної

пари за причини значного викришування (від 2 до 10%), або руйнування різальної пластини (рис. 12, 13).

З рис. 12, 13 слідує, що основним видом відмов є руйнування пластини незалежно від матеріалу, конструкції та наявності покриття, це свідчить, що лише у 15% випадків різальні пластини були відбраковані після закінчення технологічного циклу обробки колісної пари, а у 85% випадків необхідно було зупинити виробничий цикл та проводити непланову заміну пластини.

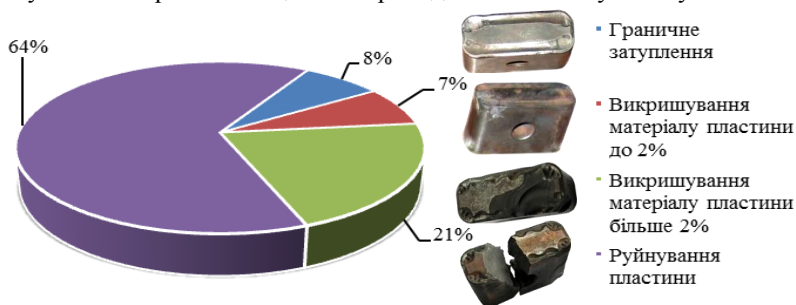


Рисунок 12 – Види відмов твердосплавних тангенційних різальних пластин

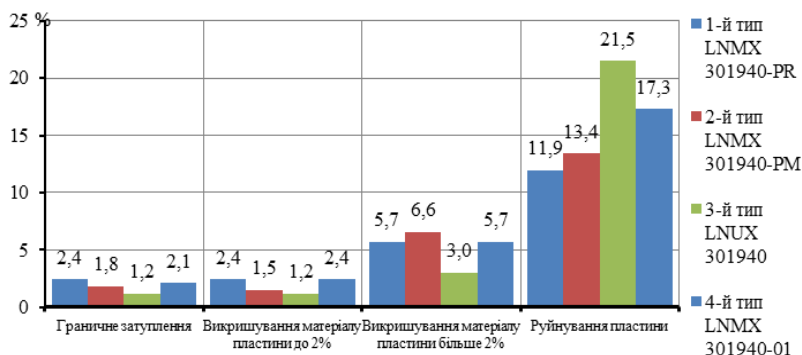


Рисунок 13 – Відсотковий розподіл видів відмов за різними типами тангенційних твердосплавних пластин

Висновки. Основним видом відмов технологічної системи для обробки колісних пар рухомого складу, є відмова різальної твердосплавної пластини, а основними чинниками її відмови є циклічні перевантаження технологічної системи, причиною виникнення яких є нерівномірність припуску та властивостей оброблюваного матеріалу.

Виділено основні проблеми в обробці колісних пар рухомого складу:

- необхідність забезпечення однакової стійкості та працездатності різального інструменту на обох супортах до повного закінчення виробничого циклу обробки колісної пари в умовах змінного припуску та фізико-механічних характеристик оброблюваного матеріалу;

- швидке автоматичне визначення моменту виходу з ладу різальної твердосплавної пластини для запобігання порушення працездатності інших елементів різального інструменту;

- регулювання процесу стружкоутворення, для запобігання завиванню стружки, що значно покращить ефективність її накопичення та утилізації, підвищить безпеку умов праці на колесотокарному обладнанні.

У якості одного з напрямків зниження витрат з ремонтної обробки профілю поверхні кочення колісних пар варто розглядати оптимізацію основних параметрів та елементів технологічної системи, впровадження різних автоматичних та адаптивних систем керування процесом обробки на колесотокарному верстаті. Це може бути реалізовано шляхом комплексного підходу до вибору та впровадження стратегії механічного обробки колісних пар на економічно ефективних типах та моделях верстатного обладнання, в роботі на технологічно обґрунтованих режимах різання з використанням раціонального різального інструменту.

Список літератури: 1. *Богданов А.Ф.* Восстановление профиля поверхности катания колёсных пар / А.Ф. Богданов, И.А. Иванов. – М. Ситаж – СПб.: ПГУПС, 2000. – С. 42–48. 2. *Закураев В.В.* Физические предпосылки разработки метода управления процессом завивания и дробления сливной стружки / В.В. Закураев // Вестник машиностроения. – М.: Машиностроение, 2002. – №12. – С. 19–27. – ISSN 0042-4633. 3. *Васильченко Я.В.* Повышение эффективности работы подсистемы выбора и проектирования режущего инструмента / Я.В. Васильченко, С.А. Гаков / Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку: друга міжнародна наук.-техн. конф. 1-3 черв. 2004 р.: тези допов. Краматорськ: ДДМА, – 2004. – 51 с. – ISBN 966-7851-44-3. 4. *Беспалов Б.Л.* Технология машиностроения. Специальная часть: учебное пособие для вузов / Б.Л. Беспалов, Л.А. Глейзер, И.М. Колесов, и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1973. – 448 с. 5. *Губенко С.И.* Качество поверхности обода цельнокатаных колёс / Губенко С.И., Жуков Д.А., Иванов И.А. – СПб.: ОМ-пресс, 2003. – С. 38–42. 6. *Решетов Д.Н.* Точность металлорежущих станков / Д.Н. Решетов, В.Т. Портман. – М.: Машиностроение, 1986. – 336 с. 7. *Ковальов В.Д.* Розробка підсистеми визначення припуску для системи адаптивного керування обробкою на колесотокарному верстаті / В.Д. Ковальов, С.О. Гаков – Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. (зб. наук. праць.) вип. 23. – Краматорськ-Київ: ДДМА, 2008. – С. 127–132. – ISBN 978-966-379-250-7.

Надійшла до редколегії 30.09.2010